



Facteurs physico-chimiques affectant la distribution et la domestication de *Cola attiensis* en Côte d'Ivoire.

Akotto Odi Faustin^{1*}; Alui Konan Alphonse¹, Bongoua-Devisme Affi Jeanne¹, Kagoyiré Kamanzi² et Yao-Kouamé Albert¹

1 = Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, Département des Sciences du sol ;

2 = Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Département Botanique.

*auteur correspondant : akoto_faustin2006@yahoo.fr Tel : +(225)-05-09-47-39

Mot clés : *Cola attiensis*, caractéristiques morphologiques, variables abiotiques, Côte d'Ivoire

Key words: *Cola attiensis*, morphological characteristics, abiotic variables, Côte d'Ivoire

1 RESUME

Objectif : Une comparaison de l'occurrence et l'abondance de *C. attiensis* avec celles où la plante n'a pas été observée, a été conduite le long de toposéquences typiques dans la forêt classée de la Besso et la forêt de Kouaoussoua², dans le département d'Akoupé (Sud-Est Côte d'Ivoire).

Méthodologie et résultats : Des analyses physico-chimiques réalisées, sur des échantillons de sols de zones de peuplements naturels de *C. attiensis*, dans le pays Akyé-Kettin, au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, ont révélé que les variables abiotiques telles que l'acidité, la capacité d'échange des cations, le taux de saturation en bases et le carbone organique, ou matière organique du sol, influencent, favorablement, les caractéristiques morphologiques de *C. attiensis*. Alors que les fortes valeurs de Phosphore total, de Calcium, de Magnésium, de Potassium et d'Azote du sol ont un impact négatif sur celles-ci. Par ailleurs, les sols bien pourvus en sable grossier, entre 0 à 40 cm, et en argile, entre 40 à 80 cm de profondeur, permettent un bon développement morphologique de *C. attiensis*. En revanche, les arbres de *C. attiensis* sont rares sur les bas versants, aux sols riches en limon grossier.

Conclusion et application des résultats : L'occurrence et l'abondance de *C. attiensis* permettent de définir et d'interpréter les causes sous-jacentes de sa répartition dans la zone forestière du Sud-Est Côte d'Ivoire, une première voie vers la domestication des plantes.

ABSTRACT

Objective: A comparison of the occurrence and abundance of *C. attiensis* with those where the plant has not been observed, was carried out along typical toposequences in the classified forest of Besso and forest Kouaoussoua, in the Department of Akoupé (South-eastern Côte d'Ivoire).

Methodology and results: Physico-chemical analyses carried out, on soil samples of areas in natural sites *C. attiensis* in the country Akye-Kettin, South-eastern in Côte d'Ivoire, showed that abiotic variables, such as the acidity, the cation exchange capacity, base of saturation, organic carbon or organic matter content of the soil, have a positive impact on the morphological characteristics of *C. attiensis* in Côte d'Ivoire. Whereas high content of Total Phosphorus, Calcium, Magnesium, Potassium and Nitrogen in the soil have a negative impact on the morphological characteristics. Furthermore, soils rich in coarse sand between 0 to 40 cm and clay between 40 to 80 cm are favourable morphological growth for *C.*



attiensis. It has been shown that *C. attiensis* trees are not often found on rich soils in the lower slopes where the percentage of coarse silt is high.

Conclusion and application of results: The occurrence and abundance of *C. attiensis* used to define and interpret the underlying causes of its distribution in the forest area of South-eastern Côte d'Ivoire, a first step towards domestication of the species solutions

2 INTRODUCTION

Diverses plantes sont récoltées dans la nature et utilisées comme médicaments par la population locale (Hamilton, 2004). Malheureusement, la déforestation, l'évolution des conditions climatiques (Brou *et al.*, 2005), la surexploitation, l'agriculture, la pression démographique, les feux de brousse, (Ahouansou, 2008) contribuent à la disparition de plantes indigènes et, mettent donc en danger les médecines traditionnelles ainsi que la biodiversité communautaire dépendante. En conséquence, de nombreuses espèces de plantes sont menacées et se retrouvent de moins en moins dans leurs écosystèmes naturels (Aké - Assi, 2012). La présente étude s'intéresse à une espèce endémique ivoirienne (Aké - Assi, 2012), en danger dans son habitat naturel: la *Cola attiensis* Aubrév. & Pellegr. (Sterculiaceae), une espèce aux multiples usages (Bouquet et Debray, 1974 ; Iwu *et al.*, 1992). Le taxon est d'ailleurs inscrit sur la liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), « en danger » sous la référence A1c, B1+2c (Walter et Gillett, 1998).

C. attiensis est une essence de forêts basses, denses humides semi-décidues. Récemment, d'importantes informations ont été fournies sur le pédopaysage (Akotto *et al.*, 2014a) et les traits morphopédologiques des sols à *C. attiensis* en Côte d'Ivoire (Akotto *et al.*, 2014b). Le but de la présente étude est de caractériser les propriétés physiques et chimiques des sols sur 16 toposéquences de pédopaysages typiques à *C. attiensis*. Cette étude s'est déroulée dans le département d'Akoupé (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Cette région a été reconnue pour fournir un gradient de densité de *C. attiensis*. Les populations autochtones de ces régions sont les Akyé (ou Attié), une des 60 ethnies de la Côte d'Ivoire. L'objectif de la présente étude est de déterminer les variables qui influencent les caractéristiques morphologiques des sols à *C. attiensis*, en Côte d'Ivoire, ainsi que les facteurs physico-chimiques qui en affectent la distribution et la domestication. La figure 1 présente quelques organes et le port général de *C. attiensis*.



Figure 1 : *Cola attiensis* Aubrév. & Pellegr.

Follicules sphériques ou subsphériques (a) ; graines (b) ; pied âgé de 14 mois au sein du site de domestication de l'institut Botanique Aké Assi d'Andokoi (c) ; aspect général arbustif de la plante à Kouaossoua2 (d) et à la Besso (e).

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel : Outre les échantillons du sol prélevés, le *Cola attiensis* a constitué le matériel biologique étudié. En Côte d'Ivoire, en plus de nos récoltes, des échantillons de cette plante peuvent être observés au Centre National de Floristique (CNF) à l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan. Ce sont : Forêt de la Mudjika, Aké Assi n° 1198, 16/11/1950 ; forêt d'Arrah, Aké Assi n° 2187, 28/11/1953 ; forêt de la Mé, Moulinier n° 1550, 14/04/1955 ; route d'Ananguié, Bodard

n° 154, 18/04/1955; forêt de l'Agbo, Aké Assi n° 6984, 2/11/1959; 35 km, au Sud-Ouest de Gueyo, Leeuwenberg n° 4100, 27/03/1962.

3.2 Localisation des sites d'étude : La zone de l'étude est située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (06°14' à 06°30' N, 003°37' à 003°48' W), dans le département d'Akoupé (Figure 1). Le paysage est peu accentué, constitué de plateaux entrecoupés par de larges vallées à fonds plats. Les altitudes oscillent entre 110 et 209 m, avec une moyenne de 150 m (Inprobois



/ Sodefor, 2003). Le secteur d'étude est couvert par la forêt semi-décidue (Kouamé et Zoro Bi, 2010) et dominé par des roches métamorphiques, des schistes et des grès, riches en hornblende (Adou *et al.*, 1995). Les sols étudiés sont des plinthic ou gleyic Cambisols, selon la classification WRB (2006), argilo-sableux à sablo-argileux (Akotto *et al.*, 2014b). La zone d'étude est soumise à un climat chaud et humide, de type subéquatorial avec une grande saison de pluies d'avril à juin ; une petite saison sèche de juillet à août ; une petite saison des pluies de septembre à octobre ; une grande saison sèche de novembre à mars. Les précipitations annuelles durant la période 1979-2012 s'élevait à 1086 mm. La température moyenne annuelle est de 26,5°C. L'humidité relative moyenne est de 75 % (Yaokokoré - Béibro, 2010). Deux sites ont été étudiés : la forêt de la rivière Kouaossoua à Afféry et la forêt de la rivière Besso à Akoupé (Figure 2).

3.3 Échantillonnage : Dans chaque formation à *C. attiensis* de la Besso (Akoupé) et de Kouaossoua2 (Afféry) retenue pour cette étude, huit toposéquences ont été installées (une principale et les sept répétitions). Elles ont été orientées vers les principales directions cardinales (Nord-Sud, Est-Ouest, Nord Est-Sud Ouest, Nord Ouest-Sud Est) à partir d'un jalon central. Ces toposéquences sont ainsi orientées pour permettre d'évaluer, à partir de ce point central, la distribution de *C. attiensis* sur les différents versants de la topographie (Guedje, 2002). Ces toposéquences sont équidistantes d'un angle de 45°C, leur largeur est de 1 m, mais leur longueur, de 50 m à 875 m, est équivalente à la distance mesurée depuis le jalon central jusqu'au point le plus bas,

représenté par une zone de passage ou un lit de cours d'eau. Par la suite, l'on procède à l'ouverture des fosses pédologiques de 1 m x 0,8m x 1, 2 m (L x l x h), orientées de façon que la face à observer continue de bénéficier, au moment de l'observation, d'un maximum d'éclairage (Yao-Kouamé, 2007b). Au total, sept (7) fosses pédologiques ont été creusées et identifiées le long des principales toposéquences. Ce choix a tenu compte des différents segments topographiques: haut de versant (HV), mi-versant (MV) et bas de versant (BV), respectant la catena (Toko et Sinsin, 2011). Les positions topographiques ont été subdivisées en catenas (Toko et Sinsin, 2011) selon les sections de 50 à 100 mètres de long selon la particularité du paysage afin de simplifier la description des conditions environnementales. Au total, 154 échantillons de sols ont été collectés sur trente huit (38) horizons dans les 7 fosses pédologiques, pour être analysés au laboratoire.

3.5 Analyses physico-chimiques des sols : Les analyses effectuées ont porté sur dix neuf (19) variables quantitatives continues : pH (H₂O), pH (KCl), C, N, C/N, Matière organique, P assimilable (P_{ass}), P total (P), K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, la capacité d'échange cationique (CEC), taux de saturation en bases (BS), argile, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier. Elles ont été comparées entre les deux groupes de stations. L'analyse granulométrique a été effectuée sur la terre fine par la méthode de la pipette Robinson-Köhn (Baize et Chrétien, 1994). Les paramètres chimiques du sol ont été déterminés suivant les méthodes présentées et détaillées par Bertalot *et al.*, (2013).

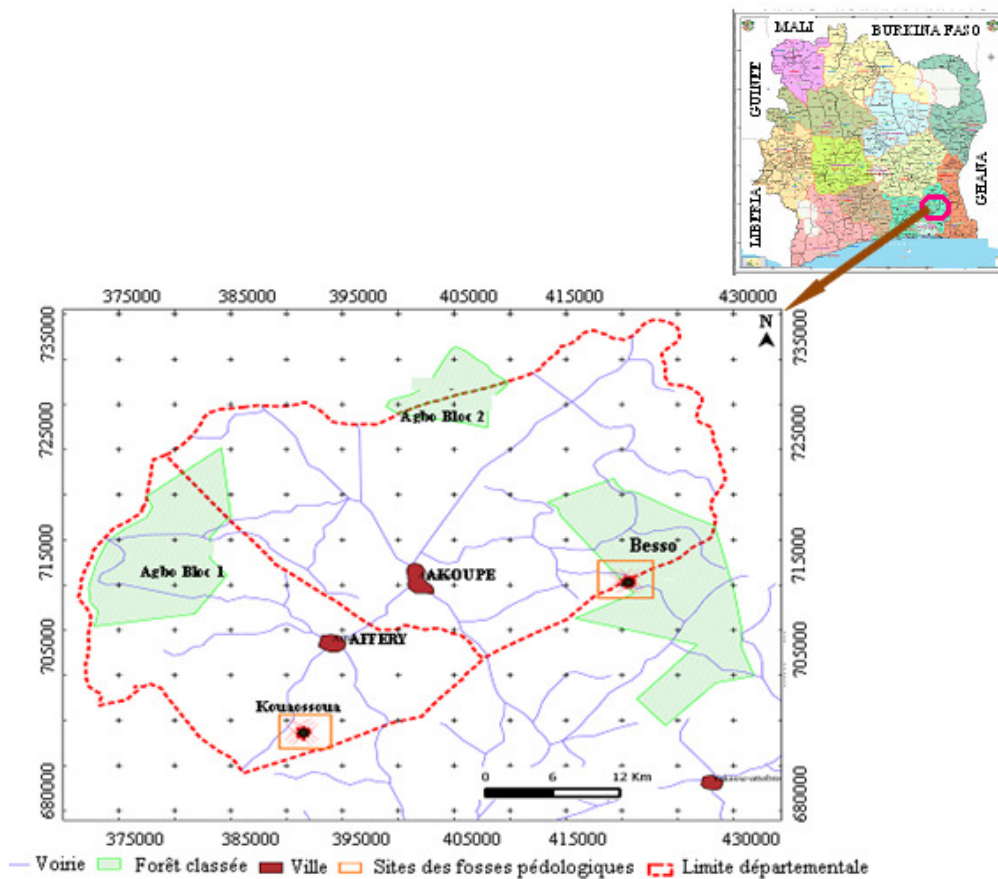


Figure 2 : Situation de la zone de l'étude

3.6 Analyses statistiques : Afin de dégager les facteurs qui expliquent le mieux la présence du *Cola attiensis* dans une forêt, les données physico-chimiques obtenues sur l'ensemble des stations ont été soumises à une analyse discriminante linéaire prédictive (Dufour *et al.*, 2010), soit à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1). Il y a relation quand les valeurs moyennes d'une variable édaphique, pour la zone de présence du *C. attiensis*, diffèrent significativement de celles observées pour la zone où l'espèce est absente (Euskirchen *et al.*, 2001). La normalité de distribution fut appréciée à l'aide du test de Shapiro-Wilk (Josens, 2009). Lorsque la distribution était anormale, les données ont été transformées, soit en log10 ou racine carré pour

respecter les conditions de normalité et d'homogénéité de la variance requises pour utiliser ces tests paramétriques. Si à contrario, les valeurs ne sont pas toujours normales après transformation, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été appliqué et la comparaison des moyennes a été effectuée par un test de Mann et Whitney. La signification statistique des fréquences relatives de la teinte selon les différentes profondeurs (H1 = 0-20 cm, H2 = 20-40 cm, H3 40-60 cm et H4 = 60-80 cm), sans distinction des segments topographiques, ont été obtenues par des analyses d'association du tableau de contingence associant le test du chi deux (χ^2). Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica 6.0.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Gradients de la teinte du sol. : Un total de quatre pédons était excavé sur la toposéquence. L'emplacement de chaque pedon a été sélectionné sur un site, en vue d'une comparaison des sites abritant *C. attiensis* avec ceux où la plante n'existe pas (Figure 3). Ce modelé révèle que le site étudié présente une hétérogénéité au niveau de sa topographie, avec une pente douce, à évolution relativement faible du haut de versant vers le mi-versant, mais sur le bas de versant, le dénivellement est important. Cette hétérogénéité interagit avec la distribution fréquentielle relative des teintes (2,5YR ; 5YR ; 7,5YR, 10YR et 10R) qui sont observées dans les couches de sol des différents segments topographiques (Tableau 1). Le test du chi deux (χ^2), appliqué aux données de fréquences relevées, indique qu'il n'y a pas de différence significative dans la distribution fréquentielle relative des teintes ($\chi^2 = 9$; Df = 9 et $P_{cal} = 0,44$). Au regard des valeurs, la couleur la plus dominante est 2,5YR, qui donne des fréquences élevées, de l'ordre de 4,6%, dans les horizons 0-20 cm, en bas de versant, 3,9% en mis versant. Ces résultats indiquent donc l'existence d'un gradient décroissant vertical de la teinte du sol, des teintes rougeâtres (2,5YR,

5YR et 10R) en profondeur (jaunissement de la surface vers la profondeur). Cette variation peut s'expliquer par la dynamique de l'eau. En effet, l'eau d'infiltration entraîne la migration des oxydes et hydroxydes de fer, responsables de la coloration vive des sols tropicaux (Mauricio et Ildeu 2005). Ce phénomène va réduire la coloration rouge des horizons de surface (0-20 cm) alors que les horizons illuviaux en profondeur (20-80 cm) seront de moins en moins rouges. Cette dynamique devient majoritairement oblique (Koné, *et al.*, 209) sur les versants en ayant une intensité croissante le long du versant (Zhang *et al.*, 2006), entraînant de plus en plus d'éléments fins. On assiste alors à une décoloration croissante de la couleur rouge du sol (Tableau 1), lorsqu'en profondeur le manque d'oxygène provoque la dissolution des composés ferriques, donnant au sol de la couleur des minéraux non ferreux. Il se forme ainsi une matrice (gris, olive ou bleu matrice couleurs). Ce processus d'oxydation-réduction de la formation de sol est associé à la fluctuation de la nappe phréatique (Gemerden *et al.*, 1999), d'où l'origine du gradient vertical de la teinte des Cambisols étudiés.

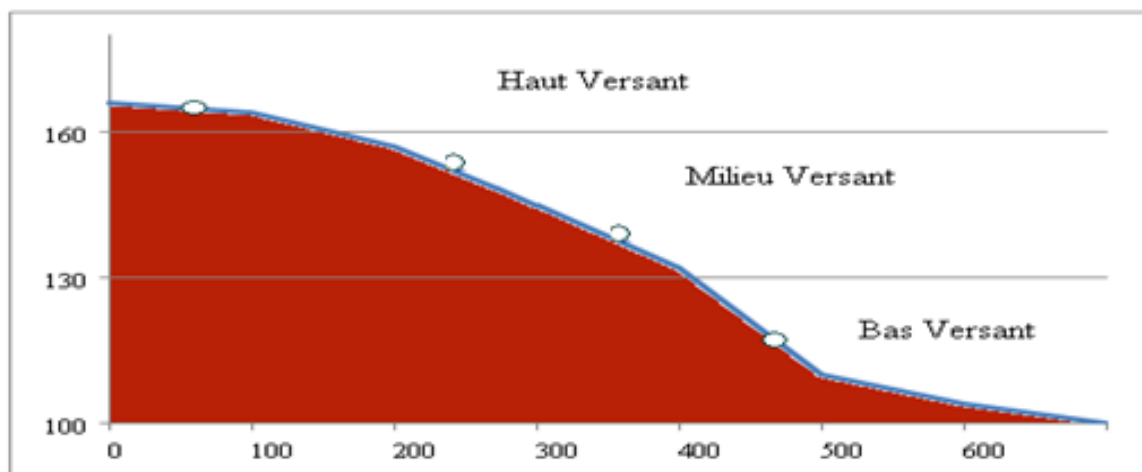


Figure 3. Coupe transversale de la zone d'étude montrant l'emplacement des sites d'échantillonnage



Tableau 1 : Fréquences (%) des teintes (2,5YR, 5YR, 7,5YR et 10YR) du sol à différentes profondeurs (H1, H2, H3 et H4) sur chaque segment topographique

Teinte/profondeur	Haut de versant				Mi versant				Bas de versant			
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm
P 2,5 YR	0,65	0,00	0,65	0,00	1,95	0,65	0,00	0,65	4,55	0,65	0,65	0,65
P 5 YR	3,25	0,65	1,95	0,00	1,95	0,65	0,00	0,00	1,30	1,30	0,65	0,65
P 7,5 YR	1,30	1,95	0,00	1,30	0,65	1,30	0,65	0,00	0,00	0,65	1,30	0,00
P 10 YR	1,95	1,30	0,00	1,30	2,60	0,65	1,30	1,30	0,00	0,00	0,65	0,00
P 10 R	0,65	0,00	0,65	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	1,95
A 2,5 YR	3,90	1,30	0,00	0,00	3,90	1,95	0,00	0,00	3,25	0,00	0,00	0,00
A 5 YR	1,30	0,65	1,30	0,65	1,30	0,00	0,65	0,00	1,95	1,30	0,00	0,65
A 7,5 YR	0,65	0,65	0,00	1,30	0,00	0,65	0,00	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
A 10 YR	0,00	0,00	1,95	1,30	0,00	0,00	0,00	1,95	0,00	1,95	1,95	1,30
A 10 R	2,60	2,60	0,00	0,00	1,95	0,65	1,30	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00
Valeur de χ^2					9							
Degré de liberté DL					9							
Probabilité associée au test χ^2					0,44							
Nombre total d'échantillons					154							

(SOM= sommet, HV= haut de versant, MV= moyen versant et BV= bas de versant). n=154

4.2 Composition granulométrique des sols des différents sites inventoriés :

L'analyse granulométrique des sols étudiés (Tableau 2) a montré une texture argilo-sableuse en surface à tendance sablo-argilo-limoneuse en profondeur. Cela traduit l'unicité du matériau parental constaté dans les études de Adou *et al.*, (1995). Il s'agit des formations géologiques qui sont généralement développées à sur les roches du Birimien. Ces sols se composent principalement de sédiments argileux, riches en phyllithe. La teneur en argile des horizons augmente avec la profondeur du sol, mais, diminue des HV vers les BV. L'origine d'une telle différenciation reste controversée (Chéry *et al.*, 1999). Toutefois, Bockheim et Hartemink (2013a), l'interprètent comme étant le résultat d'une différenciation sur place, par illuviation, d'un matériau d'origine homogène. Le rapport Lf / Lg, généralement constant et proche de l'unité entre horizons superposés, indique une différenciation des matériaux essentiellement due à des phénomènes d'illuviation d'argile ou de différenciation autochtone (Baize et

Chrétien, 1994). Les sols sont plus riches en sables grossiers (13,73 à 51,15 %) et sables fins (10 à 44,73 %) qu'en argiles (21,46 à 38,17 %). Les teneurs en limons fin et limons grossiers sont relativement faibles (valeur < 15 %). L'analyse de variance à un critère indique qu'il existe de différences très hautement significatives ($p < 0,001$) entre les trois types de positions topographiques (Tableau 2).

4.3 pH des sols échantillonnés : Les résultats du Tableau 3 indiquent que les sols sous les trois positions topographiques ont un pH-eau caractérisé par une réaction relativement moyenne à neutre (Landon, 1991). Ces pH (H₂O) varient de façon irrégulière avec la profondeur entre 5,5 et 7,0. Des tendances similaires ont été signalées par Sharu *et al.*, (2013). La couverture agropédologique (0-20 cm) présente un pH presque neutres. On déduit que le pH des sites étudiés est bénéfique à la croissance végétale comme le rapportent Huber et Schaub (2011). Le pH-eau est supérieur au pH -KCl, qui oscille entre $6,1 \pm 0,01$ (HV) et $5,3 \pm 0,2$ sous MV.



Tableau 2 : Granulométrie des sols des différents sites.

			(gkg ⁻¹)							
Prof	Oce	Pos	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier			
0-20 cm	1	HV	45,41 ± 0,03	11,90 ± 0,01	15,00 ± 0,09	10,43 ± 0,07	17,26 ± 0,08			
		MV	22,93 ± 0,04	10,58 ± 0,01	10,76 ± 0,01	24,33 ± 0,04	31,40 ± 0,04			
		BV	21,24 ± 0,27	17,24 ± 0,02	21,89 ± 0,15	16,32 ± 0,17	23,32 ± 0,17			
	2	HV	26,74 ± 0,06	9,81 ± 0,01	11,82 ± 0,02	22,32 ± 0,03	29,32 ± 0,03			
		MV	25,23 ± 0,07	11,80 ± 0,00	13,56 ± 0,02	22,74 ± 0,79	26,67 ± 0,80			
		BV	24,60 ± 0,02	6,59 ± 0,01	6,57 ± 0,02	27,62 ± 0,01	34,62 ± 0,01			
20-40 cm	1	HV	48,80 ± 0,01	10,69 ± 0,00	13,18 ± 0,00	10,31 ± 0,15	17,01 ± 0,15			
		MV	26,80 ± 0,06	9,74 ± 0,00	9,36 ± 0,03	23,55 ± 0,03	30,55 ± 0,03			
		BV	22,95 ± 1,37	19,29 ± 1,72	18,99 ± 0,19	15,89 ± 0,43	22,89 ± 0,43			
	2	HV	26,78 ± 0,05	8,63 ± 0,08	9,64 ± 0,04	23,97 ± 0,05	30,97 ± 0,05			
		MV	26,47 ± 0,01	10,62 ± 0,08	12,53 ± 0,01	21,69 ± 0,04	28,69 ± 0,04			
		BV	25,45 ± 0,15	8,97 ± 0,00	5,78 ± 0,01	26,40 ± 0,08	33,40 ± 0,08			
40-60 cm	1	HV	57,01 ± 0,01	9,12 ± 0,01	10,00 ± 0,01	9,07 ± 0,64	14,80 ± 0,63			
		MV	33,80 ± 0,00	9,28 ± 0,01	9,33 ± 0,01	20,29 ± 0,00	27,29 ± 0,00			
		BV	30,65 ± 1,64	16,24 ± 0,46	18,28 ± 0,78	13,92 ± 0,86	20,92 ± 0,86			
	2	HV	32,52 ± 0,02	6,61 ± 0,02	6,42 ± 0,04	23,72 ± 0,02	30,72 ± 0,02			
		MV	28,22 ± 0,06	9,32 ± 0,01	11,21 ± 0,01	22,13 ± 0,04	29,13 ± 0,04			
		BV	22,08 ± 0,07	2,32 ± 0,17	9,83 ± 0,01	29,39 ± 0,09	36,39 ± 0,09			
60-80 cm	1	HV	62,29 ± 0,02	6,61 ± 0,02	11,79 ± 0,01	6,16 ± 0,01	13,16 ± 0,01			
		MV	38,13 ± 0,10	7,25 ± 0,01	8,68 ± 0,04	19,47 ± 0,04	26,47 ± 0,04			
		BV	25,58 ± 0,97	18,06 ± 2,39	23,65 ± 2,44	12,85 ± 1,81	19,85 ± 1,81			
	2	HV	35,53 ± 0,04	5,74 ± 0,01	6,73 ± 0,01	22,50 ± 0,02	29,50 ± 0,02			
		MV	32,52 ± 0,01	6,48 ± 0,02	8,82 ± 0,03	22,59 ± 0,03	29,59 ± 0,03			
		BV	21,45 ± 0,01	5,52 ± 0,01	8,57 ± 0,02	28,73 ± 0,01	35,73 ± 0,01			
F_{cal}			896,22**	80,21**	137,42**	203,96**	206,66 ^{ns}			
P_{cal}			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001			
P_{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01			

Les moyennes affectées des symboles; ** = hautement significative, au seuil $\alpha < 0,01$ n = 154 ; Prof = Profondeur de prélèvement (cm) ; Oce = Occurrence ; Pos = Position topographique 1 = Présence; 2 = Absence

Les résultats de l'Anova un facteur contrôlé (Tableau 3) indique un effet significatif du facteur occupation du sol ($p < 0,01$) sur l'acidité potentielle du sol, traduisant la présence des colloïdes à charge négative dans les sols étudiés, rejoignant en cela les résultats obtenus par Gemberden *et al.*, (1999).

4.4 Carbone, azote organique, matière organique et rapport C/N : Les valeurs de la matière organique relevées (Tableau 3) restent faibles, sauf, au niveau des horizons 0-20 cm ($8 \pm 0,01$ gkg⁻¹) du haut de versant, 0-20 cm ($14 \pm 0,01$ gkg⁻¹) du mi versant et 60-80 cm, du bas de

versant ($11 \pm 0,01$ gKg⁻¹), où ces valeurs sont grandes, et associées à la présence de la plante. Les tests statistiques appliquées aux données de l'azote indiquent une différence significative ($F_{cal} = 152,48$, $P_{cal} = 0,01$). En générale, la fertilité naturelle des sols tropicaux, est très réduite. La grande perméabilité de ces sols jointe aux conditions climatiques équatoriales (pluies abondantes et température élevée) a permis une lixiviation très poussée des éléments biogènes (Brady et Weil, 2002). Les résultats obtenus dans cette étude ont révélé de façon générale que le mi-versant de l'habitat à C.



attiensis entraîne l'accroissement significatif ($p < 0,001$) des teneurs en carbone et azote organiques totaux du sol par rapport au bas de versant et le haut de versant. Ces résultats ont permis de mettre en évidence l'effet améliorant des mi-versants forestiers sous *C. attiensis*, sur le statut organique du sol et constitue un acquis important de ce travail. Cependant, les faibles teneurs en ces éléments et le rapport C/N observés (Tableau 3) sous les deux autres positions topographiques peuvent s'expliquer

par les conditions pédoclimatiques, avec une tendance à l'acidité marquée de ces sols ; ce qui ne favorise pas la décomposition mycologique de la matière organique. Ce rapport C/N moyen des sols de l'habitat à *C. attiensis*, traduirait une vitesse de minéralisation normale de la matière organique (Boyer, 1982). Nous déduisons que le niveau d'assimilabilité des éléments par la plante des sols sous *C. attiensis* est favorable rejoignant ainsi les travaux de Pansu et Gautheyrou (2003)

Tableau 3 : Acidité, azote et matière organique dans les sols des différents sites

		(gkg ⁻¹)								
Prof	Oce	Pos	pH-H ₂ O	pH-KCl	Corg	MO	N	C/N		
0-20 cm	1	HV	6,9 ± 0,01	6,1 ± 0,01	4,52 ± 0,02	7,8 ± 0,03	0,4 ± 0,00	13 ± 0,14		
		MV	7,0 ± 0,01	6,4 ± 0,01	8,19 ± 0,01	14 ± 0,01	0,8 ± 0,01	11 ± 0,09		
		BV	6,9 ± 0,03	6,4 ± 0,00	2,39 ± 0,74	4,1 ± 1,26	0,3 ± 0,08	10 ± 0,16		
	2	HV	6,9 ± 0,00	6,4 ± 0,00	0,97 ± 0,01	1,7 ± 0,01	0,2 ± 0,00	5 ± 0,02		
		MV	6,7 ± 0,01	5,8 ± 0,01	0,64 ± 0,01	1,1 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9 ± 0,45		
		BV	7,0 ± 0,01	6,4 ± 0,00	1,19 ± 0,01	2,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	9 ± 0,45		
20-40 cm	1	HV	6,8 ± 0,01	6,3 ± 0,01	1,14 ± 0,01	2,0 ± 0,00	0,1 ± 0,01	10 ± 0,43		
		MV	6,8 ± 0,01	5,8 ± 0,01	3,12 ± 0,01	5,4 ± 0,01	0,3 ± 0,01	10 ± 0,17		
		BV	6,9 ± 0,04	6,0 ± 0,17	1,1 ± 0,55	1,9 ± 0,94	0,1 ± 0,07	8 ± 0,16		
	2	HV	6,5 ± 0,12	5,5 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,8 ± 0,01	0,1 ± 0,01	9 ± 0,97		
		MV	6,5 ± 0,01	6,7 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,8 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9 ± 0,35		
		BV	6,6 ± 0,01	5,9 ± 0,01	0,75 ± 0,01	1,3 ± 0,01	0,1 ± 0,01	10 ± 0,62		
40-60 cm	1	HV	6,6 ± 0,01	5,6 ± 0,01	0,55 ± 0,01	1 ± 0,00	0,1 ± 0,01	9 ± 1,07		
		MV	6,3 ± 0,01	5,3 ± 0,01	0,93 ± 0,01	1,6 ± 0,01	0,1 ± 0,01	9 ± 0,40		
		BV	6,7 ± 0,26	6,1 ± 0,15	1,42 ± 0,88	2,5 ± 1,51	0,2 ± 0,11	8 ± 0,35		
	2	HV	6,5 ± 0,00	5,5 ± 0,01	0,46 ± 0,01	0,8 ± 0,01	0,1 ± 0,01	8 ± 0,83		
		MV	6,4 ± 0,01	5,5 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,7 ± 0,01	0,1 ± 0,00	6 ± 0,28		
		BV	6,5 ± 0,00	5,9 ± 0,00	0,71 ± 0,00	1,2 ± 0,01	0,1 ± 0,00	11 ± 0,53		
60-80 cm	1	HV	6,1 ± 0,01	5,9 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,9 ± 0,00	0,1 ± 0,01	9 ± 1,01		
		MV	6,2 ± 0,01	5,4 ± 0,01	0,54 ± 0,01	0,9 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9 ± 0,13		
		BV	6,2 ± 0,04	5,3 ± 0,01	5,74 ± 1,22	9,9 ± 2,10	0,6 ± 0,10	10 ± 0,64		
	2	HV	6,3 ± 0,01	5,3 ± 0,01	0,4 ± 0,00	0,7 ± 0,01	0,1 ± 0,01	6 ± 0,77		
		MV	6,4 ± 0,01	5,7 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,6 ± 0,01	0,1 ± 0,01	7 ± 0,79		
		BV	6,1 ± 0,01	5,6 ± 0,01	0,69 ± 0,00	1,9 ± 0,01	0,1 ± 0,00	10 ± 0,10		
F _{cal}			26,28**	39,09**	29,88**	29,88**	24,17**	9,04**		
P _{cal}			0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,000001	0,000001	0,000001		
P _{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01		

Les moyennes affectées des symboles ; ** = hautement significative, au seuil $\alpha < 0,01$ n = 154 ; Prof = Profondeur de prélèvement (cm) ; Oce = Occurrence ; Pos = Position topographique 1 = Présence; 2 = Absence



4.5 Bases échangeables, CEC, base de saturation et phosphore dans les sols étudiés : Les concentrations de potassium (K^+), de magnésium (Mg^{2+}) et de calcium (Ca^{2+}) échangeables (Tableau 4) ont été relativement fortes, indiquant que les sols à *C. attiensis* ne pas montreraient des signes de carence en éléments nutritifs (Gemerden *et al.*, 1999). D'ailleurs, dans l'étude a montré des valeurs de K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} au-dessus des valeurs seuil de

déficience en bases échangeables, respectivement, de 0,28 – 0,51 ; 1,25 – 2,5, et 0,25 – 0,5 cmol/kg (Mbonigaba *et al.*, 2009). Cette disponibilité, dans la couche arable de Mg^{2+} et K^+ pourrait résulter de l'altération de minéraux primaires porteurs de K^+ et Mg^{2+} telles la biotite et la muscovite (Nangah *et al.*, 2012), ou d'autres minéraux comme le mica, l'orthose, le microcline, le chlorite et le feldspath (Romheld et Kirkby, 2010).

Tableau 4. Bases échangeables et capacité d'échange cationique des sols étudiés.

Prof	Oce	Pos	(cmol/kg)			(cmol/kg)		(%)	
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CEC	BS		
0-20 cm	1	HV	1,57 ± 0,02	5,38 ± 0,01	2,55 ± 0,01	28,65 ± 0,07	56,66 ± 0,53		
		MV	8,25 ± 0,13	4,88 ± 0,12	1,06 ± 0,07	23,70 ± 0,06	64,16 ± 0,67		
		BV	9,23 ± 0,08	3,57 ± 0,02	3,52 ± 0,03	17,37 ± 0,05	50,16 ± 0,23		
	2	HV	1,78 ± 0,05	4,67 ± 0,02	3,57 ± 0,01	21,24 ± 0,08	47,41 ± 0,31		
		MV	1,55 ± 0,02	3,34 ± 0,02	2,41 ± 0,01	15,94 ± 0,21	46,19 ± 0,64		
		BV	5,97 ± 0,48	6,71 ± 0,39	3,22 ± 0,24	30,06 ± 1,87	54,10 ± 2,79		
20-40 cm	1	HV	1,55 ± 0,01	6,53 ± 0,00	2,49 ± 0,07	21,92 ± 0,06	69,20 ± 0,09		
		MV	7,92 ± 0,03	2,58 ± 0,38	2,27 ± 0,01	23,18 ± 0,20	55,19 ± 1,43		
		BV	6,09 ± 0,01	2,52 ± 0,20	2,42 ± 0,02	13,17 ± 0,37	49,66 ± 0,07		
	2	HV	1,30 ± 0,02	3,25 ± 0,01	2,35 ± 0,03	16,69 ± 0,01	41,60 ± 0,19		
		MV	1,53 ± 0,01	2,35 ± 0,01	1,33 ± 0,02	13,57 ± 0,03	38,66 ± 0,17		
		BV	7,33 ± 0,28	4,27 ± 1,17	2,56 ± 0,12	31,82 ± 3,30	45,20 ± 3,29		
40-60 cm	1	HV	1,74 ± 0,03	3,85 ± 0,01	2,53 ± 0,03	13,73 ± 0,27	61,23 ± 1,03		
		MV	1,97 ± 0,01	2,35 ± 0,03	1,61 ± 0,02	19,55 ± 0,06	38,28 ± 0,10		
		BV	3,49 ± 0,01	3,56 ± 0,01	4,08 ± 0,38	17,96 ± 0,42	52,46 ± 1,77		
	2	HV	1,76 ± 0,02	2,30 ± 0,01	3,84 ± 0,04	19,50 ± 0,01	41,54 ± 0,45		
		MV	1,84 ± 0,01	4,76 ± 0,01	1,33 ± 0,02	17,96 ± 0,02	43,98 ± 0,24		
		BV	9,91 ± 0,14	6,03 ± 0,25	2,40 ± 0,21	39,54 ± 0,86	46,53 ± 0,58		
60-80 cm	1	HV	0,86 ± 0,01	6,85 ± 0,02	2,05 ± 0,03	29,65 ± 0,21	33,08 ± 0,11		
		MV	1,34 ± 0,01	2,05 ± 0,04	1,59 ± 0,02	15,37 ± 0,03	32,67 ± 0,36		
		BV	1,77 ± 0,01	4,16 ± 0,01	3,67 ± 0,02	19,44 ± 0,01	49,65 ± 0,15		
	2	HV	1,73 ± 0,02	4,78 ± 0,01	2,76 ± 0,38	20,21 ± 0,33	46,16 ± 1,08		
		MV	1,76 ± 0,01	4,75 ± 0,01	1,34 ± 0,02	17,97 ± 0,01	43,77 ± 0,08		
		BV	6,68 ± 0,54	5,66 ± 0,57	2,18 ± 0,19	34,52 ± 3,09	42,78 ± 3,65		
		F _{cal}	243,09**	30,01**	42,79**	46,97**	42,79**		
		P _{cal}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		P _{théor}	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01		

Les moyennes affectées des symboles ; ** = hautement significative, au seuil $\alpha < 0,01$ n = 1544 ; Prof = Profondeur de prélèvement (cm) ; Oce = Occurrence ; Pos = Position topographique 1 = Présence; 2 = Absence



Au niveau des HV (Haut Versant), la CEC (Tableau 4) varie de basse à forte, tandis qu'elle est modérée à la MV (mi-Versant) et, considérée comme basse à moyenne sur les BV (Bas Versant) (Esu, 1991). Ceci pourrait être dû à la forte association entre le carbone organique et de la CEC (Brady et Weil, 2002). Quant à la tendance modérée de la CEC du BV, elle pourrait résulter de la présence d'argile de haute activité (Nangah *et al.*, (2012). Sur les

stations qui abritent le *C. attiensis*, le taux de saturation en bases (BS) des sols est supérieur à 50 % dans toutes les couches arables et dans certaines parties des horizons de sous-sol des pédons des trois positions topographiques, quoi que les pédons de profondeur aient un BS inférieur à 50 % (Tableau 4). Sharu *et al.* (2013) ont rapporté que les sols avec BS > à 50 % sont des sols fertiles. Sur cette base, les sols des stations qui abritent *C. attiensis* seraient fertiles.

Tableau 5. Dynamique du phosphore dans les sols des différents sites.

Prof	Oce	Pos	P _{ass} (mgkg ⁻¹)			P _t (mgkg ⁻¹)		
0-20 cm	1	HV	3,14	±	0,004	30,55	±	3,248
		MV	2,51	±	0,009	73,05	±	12,351
		BV	2,97	±	0,124	27,82	±	2,056
	2	HV	3,08	±	0,115	44,30	±	0,612
		MV	0,52	±	0,006	61,31	±	0,567
		BV	2,46	±	0,004	73,78	±	0,567
20-40 cm	1	HV	0,25	±	0,007	59,05	±	0,917
		MV	0,49	±	0,019	8,37	±	0,572
		BV	0,49	±	0,050	33,80	±	1,023
	2	HV	0,53	±	0,011	50,25	±	0,491
		MV	0,54	±	0,045	65,84	±	0,401
		BV	2,68	±	0,002	78,31	±	0,401
40-60 cm	1	HV	0,57	±	0,015	77,69	±	4,044
		MV	0,52	±	0,017	12,66	±	3,674
		BV	0,53	±	0,009	36,38	±	1,517
	2	HV	0,54	±	0,017	53,94	±	0,401
		MV	1,76	±	0,009	68,11	±	0,327
		BV	2,74	±	0,019	80,86	±	0,366
60-80 cm	1	HV	4,80	±	0,159	98,38	±	9,537
		MV	0,52	±	0,009	20,03	±	0,065
		BV	3,02	±	0,195	39,20	±	0,401
	2	HV	1,75	±	0,008	56,77	±	0,401
		MV	3,03	±	0,094	69,81	±	0,327
		BV	2,42	±	0,009	83,13	±	0,366
F _{cal}			896,22**			12,89**		
P _{cal}			0,001			0,0000001		
P _{théor}			≤ 0,01			≤ 0,01		

Les moyennes affectées des symboles ; ** = hautement significative, au seuil $\alpha < 0,01$ n = 154 ; Prof = Profondeur de prélèvement (cm) ; Oce = Occurrence ; Pos = Position topographique 1 = Présence; 2 = Absence



Quant aux proportions de phosphore total et phosphore assimilable (Tableau 5), les différents sols montrent une différence hautement significative. L'horizon 60-80 du HV dans l'habitat de *C. attiensis*, est significativement plus pourvu en phosphore total. Ces carences en phosphore en surface, s'expliqueraient par la formation de produits toxiques (formation de composés de fer et de phosphate d'aluminium). Le phosphate ne serait pas disponible pour les plantes (Gemerden *et al.*, 1999). Bouadou *et al.* (2014) ont toutefois enregistré sur ce même type de sol, des valeurs en P disponibles (couche de 0 à 20 cm) très fortes (250–400 mg/kg) dans un agro-écosystème de Côte d'Ivoire, certainement, à cause des apports d'engrais phosphatés.

4.6 Analyse discriminante linéaire des données physico-chimiques : L'analyse

discriminante linéaire (Tableau 6) effectuée à partir des données relatives à 19 facteurs physico-chimiques, mesurés sur 154 échantillons de sol, indique que 10 facteurs ont une corrélation significative expliquant le mieux la présence de *C. attiensis* dans les forêts de la zone d'étude (Tableau 6). La relation positive de la variable avec le modèle indique que plus la valeur en pH (H₂O) est élevée, plus la probabilité de présence de *C. attiensis* est grande. Il en est de même pour les variables : CEC, BS, et Corg. La relation négative des variables : P total, pH (KCl), Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ et N avec le modèle indique que plus les teneurs en ces éléments augmentent, plus la probabilité de présence de *C. attiensis* est faible. Les statistiques rapportées au tableau 6 indiquent que toutes ces variables explicatives contribuent significativement au modèle (p < 0,05).

Tableau 6. Résultats de l'analyse discriminante linéaire appliquée aux facteurs physico-chimiques des sites étudiés.

Variables explicatives	Présence	Absence	Wilks L.	Partial L.	F(1,143)	Signification
pH (eau)	152,99	148,35	0,43	0,95	7,88	0,006**
CEC	33,32	31,72	0,50	0,81	34,04	0**
BS	18,42	17,47	0,54	0,75	48,76	0**
Corg	17,28	15,08	0,46	0,88	20,06	0,00002***
Pt	-0,72	-0,63	0,53	0,77	43,58	0**
pH (KCl)	49,34	-45,92	0,42	0,96	5,75	0,02*
Ca ²⁺	-72,16	-68,47	0,51	0,78	39,38	0**
Mg ²⁺	-73,18	-69,90	0,48	0,84	28,20	0**
K ⁺	-79,46	-74,89	0,51	0,79	37,84	0**
N	-201,77	-187,17	0,42	0,95	7,36	0,007**
Ordonnée à l'origine (constante)	-767,30	-718,62				

n = 19 * = significative ; ** = hautement significative et *** = très hautement significative au seuil α < 0,05

5 IMPLICATIONS POUR LA CONSERVATION

Le model prédictif utilisé pour analyser les données recueillies, a montré que la distribution de *C. attiensis* est principalement liée aux variables abiotiques du sol telles que l'acidité, la

capacité d'échange cationique, la base de saturation, le carbone organique. Le phosphore total, les cations échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺), et l'azote. Comme l'ont suggéré Chahouki et



Chahouki (2010), la gestion durable des communautés d'espèces menacées, incluent l'évaluation des risques des espèces dans leurs environnements, et l'estimation de l'ampleur des réactions biologiques aux changements environnementaux. Les résultats obtenus ont montré que les sols étudiés, à la différence de la plupart des sols qui sont généralement acides (Landon, 1991), et par conséquent peu fertiles, présentent un pH proche de la neutralité et

6 CONCLUSION

Les sols développés sous *Cola attiensis* présentent, un pH proche de la neutralité, une relative richesse en bases échangeables et une minéralisation moyenne de la matière organique en surface: autant de paramètres qui sont favorables au développement des plantes. Ces sols présentent une bonne fertilité chimique à l'état presque naturel (forêt primaire) bien qu'on y note l'existence de facteurs environnementaux discriminants, affectant la distribution du *C. attiensis*. La prévision des

donc, un niveau de fertilité élevé à leur état presque naturel (forêt primaire). Mais, cette fertilité peut être perdue après la mise en culture de ces sols. Il apparaît ainsi que ces sols Cambisols, bien que propices pour la plupart des cultures tropicales, sont déficients en certains éléments tels que le potassium, le phosphore nécessaires pour la bonne croissance des plantes (Landon 1991).

7 REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissants au Directeur général de SODEFOR, M. Mamadou Sangaré et ses collègues pour leur soutien matériel à cette étude.

8 RÉFÉRENCES

- Adou M., Delor C., Siméon Y., Zamblé Z.B., Konan G., Yao B.D., Vidal M., Diaby I., Cautru J.P., Chiron J.C., Dommanget A. & Cocherie A. 1995. Carte géologique de la Côte-d'Ivoire à 1/200 000; feuille Abengourou. Mémoire de la Direction des Mines et de la Géologie, Abidjan, Côte-d'Ivoire; n°7. 19 p.
- Ahouansou D. M. M. 2008. Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant de l'ouémé à l'exutoire de Savè. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences Agronomiques, 128 p.
- Aké-Assi L. 2012. Botanique (systématique, taxonomie) Ethnobotanique (plantes médicinales et autres plantes à utilisations diverses) Diversité floristique. Titres et travaux scientifiques de Laurent Aké Assi. Abidjan (Côte d'Ivoire), 173 p.
- Akotto O. F., Alui K. A., Malan D. F., Kouakou K. J., Yao-Kouamé A. and Kagoyiré K..2014a. Soil landscape and stand conditions in *Cola attiensis* in Côte d'Ivoire. International Journal of Biosciences, Vol. 4, No. 5: 2014; 102-113. doi.org/10.12692/ijb/4.5.102-11
- Akotto O. F., Kouakou K. J., Alui K. A., Yao-Kouamé A. et Kagoyiré K..2014b. Morphopedological features of soil landscape in *Cola attiensis* Aubrév & Pellegr. (Sterculiaceae) in Affery and Akoupé (Côte d'Ivoire). International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research, Vol. 2, No. 3, 2014, 1 – 9



- Baize D. et Chrétien J. 1994 - Les couvertures pédologiques de la plate-forme sinémurienne en Bourgogne. Particularités morphologiques et pédogéochimiques. *Étude et Gestion des Sols*, 2. 7-27.
- Bockheim, J.G., Hartemink, A.E., 2013a. Distribution and classification of soils with clay-enriched horizons in the USA. *Geoderma* 209–210, 153–160.
- Bouadou oi B. F., Brahma K., Yao K., Yao-Kouamé A. and Oikeh, O. S. 2014. Tropical Cambisol as Affected by Sugarcane (*Sacharum officinarum* L.) Foam and Inorganic Fertilizer. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(7): 732-745.
- Bouquet A. et Debray. M. 1974. Les plantes médicinales de la Côte d'Ivoire. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., Editions O.R.S.T.O.M. Paris, 230 p
- Boyer, J. 1982. Les sols ferrallitiques. Tome X : facteur de fertilité et utilisation des sols. Initiations – Documentations Techniques, n° 52, ORSTOM, Paris, France.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (2002). The nature and properties of soils. 13th edition. Pearson Education, Inc., New Jersey, USA. 960 p.
- Brou Y.T., Akindès F., Bigot S. 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures* vol. 14, n° 6, novembre-décembre 2005, 533-540.
- Chahouki M. Z., Chahouki A. Z. 2010. Predicting the distribution of plant species using logistic regression (Case study: Garizat rangelands of Yazd province). *Desert*, **15**, 151-158.
- Chéry P., Lavialle O., Bourennane H., King D. et Bruand A. 1999. Variabilité verticale de la composition granulométrique des limons de Petite Beauce (France). *Étude et gestion des sols*, 6,4 : 185-196.
- Dufour, A.B., D. Chessel, and J.R. Lobry, 2010, Analyse discriminante linéaire, in Fiche TD avec le logiciel R. Université Claude Bernard Lyon1: Villeurbanne. 25 p.
- Euskirchen, E. S., Chen, J. Q. & Bi, R.C. 2001. Effects of edges on plant communities in a managed landscape in northern Wisconsin. *Forest Ecology and Management* 148: 93-108
- Esu. I.E. 1991. Detailed soil survey of NIHORT Farm at Bunkure, Kano State, Nigeria. Institute for Agricultural Research, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria., 1-72.ok
- Gemerden, van, B.S, G.W. Hazeu, 1999. *Landscape Ecological Survey (1:100,000) of the Bipindi-Akom Il-Lolodorf region, Southwest Cameroon*. Wageningen (The Netherlands), Tropenbos-Cameroon, 1,212 p. pdf, accédé en 2014.
- Guedje, N.M., 2002. La gestion des populations d'arbres comme outil pour une exploitation durable des Produits Forestiers Non-Ligneux: l'exemple de *Garcinia lucida* (Sud-Cameroun). Tropenbos-Cameroon Series 5, 266 p.
- Hamilton AC (2004). Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiv. Cons.*, 13: 1477-1517.
- Huber G et Schaub C., 2011. La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation. 42 p.
- Inprobois/Sodefor, 2003. Plan d'aménagement de la forêt classée de la Besso. Inprobois/Sodefor. 113 p.
- Iwu, M M; J E Jackson, J D Tally, and D L Klayman. 1992. Evaluation of plant extracts for antileishmanial activity using a mechanism-based radiorespirometric microtechnique (RAM). *Planta-Med* (Thieme Medical Publishers). 58 (5): 436–441.
- Josens G., 2009. Notes consacrées à l'échantillonnage et traitements statistiques de données biologiques + usage pratique d'Excel et Statistica.



- Université Libre de Bruxelles. Faculté des sciences, département de biologie des organismes. Service de systématique et d'écologie animale. 24-28.
- Koné B, Diatta S, Sylvester O, Yoro G, Maméri C, Désiré DD, et Ayémou A. 2009. Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur. *Can. J. Soil Sci.* 89, 33 1-342.
- Kouamé, N.F., Zoro Bi, I. A. (2010) Nouveau découpage de la zone de forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, (2) : 177 – 194.
- Mauricio, P. et Ildeu, A. 2005. Color attributes and mineralogical characteristics, Evaluated by radiometry of highly weathered tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:1162 _1172.
- Mbonigaba JJM, Nzeyimana I, Bucagu C, Culot M, 2009. Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009, 13 (4) : 545-558.
- Nangah K. Y., Yao-Kouamé A., Yao G. F., Kouakou Y. K. N., Alui K. A. et Savane I. 2012. Attributs physico-chimiques et contrainte à la productivité agricole des sols du site manganésifère de Lauzoua (Guitry) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 50: 3459– 3467.
- Pansu, M., Gautheryrou J. (2003). *L'analyse du sol. Minéralogie, organique et minérale*, éd IRD, Springer-Verlag, France, 93 p.
- Romheld V. et Kirkby EA, .2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil*, 335: 155-180.
- Sharu, M.B., Yakubu, M., Noma S.S. et Tsafe A.I. 2013. Characterization and Classification of Soils on an Agricultural landscape in Dingyadi District, Sokoto State, Nigeria. *Nigeria Journal of Basic and Applied Science*, 21(2): 137-147.
- Toko, I. et Sinsin B. 2011. Facteurs déterminant la variabilité spatiale de la biomasse herbacée dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *International J. Biol. Chem. Sci.* 5(3): 930-943. *ok*
- Walter, K.S. and Gillett, H.J. [eds] 1997 IUCN Red List of Threatened Plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN - The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Lxiv (1998);. + 862 p.
- WRB, 2006. USS Working Group. World Reference Base for soil resource. FAO, 132 p
- Yaokokoré-Béibro, K.H. 2010. Diversité avifaunique de la forêt classée de la Besso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature.* (2); 207 – 219
- Yao-Kouamé A. 2007b. Caractéristiques physiques des sols brunifiés dérivés des formations du complexe volcano-sédimentaire de Kanhankro (Toumodi) en moyenne Côte d'Ivoire. *Rev. CAMES- Série A*, Vol. 05; 76-86.
- Zhang, J., Quine, A. T. et Ni, S. G.. 2006. Stock and dynamics of SOC in relation to soil redistribution by water and tillage erosion. *Glob. Change Biol.* 12:1834